

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-063367

(43)Date of publication of application : 26.02.2004

(51)Int.Cl.

H01M 10/40

H01M 4/02

H01M 4/40

H01M 4/58

(21)Application number : 2002-222509

(71)Applicant : UBE IND LTD

(22)Date of filing : 31.07.2002

(72)Inventor : ABE KOJI

MIYOSHI KAZUHIRO

KUWATA TAKAAKI

MATSUMORI YASUO

(54) LITHIUM SECONDARY BATTERY, ITS NONAQUEOUS ELECTROLYSIS SOLUTION AND METHOD OF SECURING THEIR SAFETY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a lithium secondary battery excellent in safety such as an overcharge prevention and battery characteristics such as cycle characteristics, capacitance and preservation characteristics.

SOLUTION: With the lithium secondary battery composed of a positive electrode made of a complex compound of lithium containing cobalt or nickel, a negative electrode consisting of a material capable of storing and discharging lithium metal, a lithium alloy or lithium, and a nonaqueous electrolysis solution with an electrolyte dissolved in a nonaqueous solvent, an organic compound is made contained in the nonaqueous electrolysis solution, and the safety of the battery is secured by having it coated with an active lithium metal precipitated on the negative electrode through decomposition of the organic compound at overcharge.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.08.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

The positive electrode which consists of a multiple oxide with the lithium containing cobalt or nickel, In the negative electrode which consists of an ingredient which emits [ occlusion and ] a lithium metal, a lithium alloy, or a lithium, and the lithium secondary battery which consists of nonaqueous electrolyte by which the electrolyte is dissolved in the non-aqueous solvent The lithium secondary battery characterized by making an organic compound contain in this nonaqueous electrolyte, and for this organic compound decomposing at the time of overcharge, and securing the safety of a cell by coating the activity lithium metal which deposited on the negative electrode.

[Claim 2]

The lithium secondary battery according to claim 1 with which oxidation potential is characterized by using the ketone compound which is +4.6V--+5.2V to a lithium as said organic compound.

[Claim 3]

The lithium secondary battery according to claim 2 said whose ketone compound is at least one sort chosen from CHUJON, menthone, iso menthone, camphor, NOPINON, and fenchone.

[Claim 4]

The lithium secondary battery according to claim 1 said whose organic compounds are at least one sort of a ketone compound, and a cyclohexylbenzene compound.

[Claim 5]

The lithium secondary battery according to claim 4 which is at least one sort as which said cyclohexylbenzene compound is chosen from cyclohexylbenzene, 1-fluoro-2-cyclohexylbenzene, 1-fluoro-3-cyclohexylbenzene, 1-fluoro-4-cyclohexylbenzene, 1-chloro-4-cyclohexylbenzene, 1-BUOMO-4-cyclohexylbenzene, and 1-iodine-4-cyclohexylbenzene.

[Claim 6]

The lithium secondary battery according to claim 1 said whose organic compounds are at least one sort of a ketone compound, and a tert-alkylbenzene compound.

[Claim 7]

The lithium secondary battery according to claim 6 which is at least one sort as which said tert-alkylbenzene compound is chosen from tert-butylbenzene, tert-pentyl benzene, 1-fluoro-4-tert-butylbenzene, and 1-fluoro-4-tert-pentyl benzene.

[Claim 8]

The lithium secondary battery according to claim 1 with which the content of said organic compound carries out the description of being 0.1 % of the weight - 10 % of the weight to the electrolytic solution.

[Claim 9]

The positive electrode which consists of a multiple oxide with the lithium containing cobalt or nickel, In the negative electrode which consists of an ingredient which emits [ occlusion and ] a lithium metal, a lithium alloy, or a lithium, and the lithium secondary battery which consists of nonaqueous electrolyte by which the electrolyte is dissolved in the non-aqueous solvent How to

secure the safety of the cell characterized by making an organic compound contain in this nonaqueous electrolyte, and for this organic compound decomposing at the time of overcharge, and securing the safety of a cell by coating the activity lithium metal which deposited on the negative electrode.

[Claim 10]

How to secure the safety of the cell according to claim 9 by which oxidation potential is characterized by using the ketone compound which is +4.6V→+5.2V to a lithium as said organic compound.

[Claim 11]

How to secure the safety of the cell according to claim 10 said whose ketone compound is at least one sort chosen from CHUJON, menthone, iso menthone, camphor, NOPINON, and fenchone.

[Claim 12]

How to secure the safety of the cell according to claim 9 said whose organic compounds are at least one sort of a ketone compound, and a cyclohexylbenzene compound.

[Claim 13]

How to secure the safety of the cell according to claim 12 which is at least one sort as which said cyclohexylbenzene compound is chosen from cyclohexylbenzene, 1-fluoro-2-cyclohexylbenzene, 1-fluoro-3-cyclohexylbenzene, 1-fluoro-4-cyclohexylbenzene, 1-chloro-4-cyclohexylbenzene, 1-BUROMO-4-cyclohexylbenzene, and 1-iodine-4-cyclohexylbenzene.

[Claim 14]

How to secure the safety of the cell according to claim 9 said whose organic compounds are at least one sort of a ketone compound, and a tert-alkylbenzene compound.

[Claim 15]

How to secure the safety of the cell according to claim 14 which is at least one sort as which said tert-alkylbenzene compound is chosen from tert-butylbenzene, tert-pentyl benzene, 1-fluoro-4-tert-butylbenzene, and 1-fluoro-4-tert-pentyl benzene.

[Claim 16]

How to secure the safety of the cell according to claim 9 by which the content of said organic compound carries out the description of being 0.1 % of the weight - 10 % of the weight to the electrolytic solution.

[Claim 17]

The positive electrode which consists of a multiple oxide with the lithium containing cobalt or nickel, In the electrolytic solution for lithium secondary batteries which consists of a negative electrode which consists of an ingredient which emits [ occlusion and ] a lithium metal, a lithium alloy, or a lithium, and nonaqueous electrolyte by which the electrolyte is dissolved in the non-aqueous solvent The electrolytic solution for lithium secondary batteries characterized by making an organic compound contain in this nonaqueous electrolyte, and for this organic compound decomposing at the time of overcharge, and securing the safety of a cell by coating the activity lithium metal which deposited on the negative electrode.

[Claim 18]

The electrolytic solution for lithium secondary batteries according to claim 17 with which oxidation potential is characterized by using the ketone compound which is +4.6V→+5.2V to a lithium as said organic compound.

[Claim 19]

The electrolytic solution for lithium secondary batteries according to claim 18 said whose ketone compound is at least one sort chosen from CHUJON, menthone, iso menthone, camphor, NOPINON, and fenchone.

[Claim 20]

The electrolytic solution for lithium secondary batteries according to claim 17 said whose organic compounds are at least one sort of a ketone compound, and a cyclohexylbenzene compound.

[Claim 21]

The electrolytic solution for lithium secondary batteries according to claim 20 which is at least

one sort as which said cyclohexylbenzene compound is chosen from cyclohexylbenzene, 1-fluoro-2-cyclohexylbenzene, 1-fluoro-3-cyclohexylbenzene, 1-fluoro-4-cyclohexylbenzene, 1-chloro-4-cyclohexylbenzene, 1-BUOMO-4-cyclohexylbenzene, and 1-iodine-4-cyclohexylbenzene.

[Claim 22]

The electrolytic solution for lithium secondary batteries according to claim 17 said whose organic compounds are at least one sort of a ketone compound, and a tert-alkylbenzene compound.

[Claim 23]

The electrolytic solution for lithium secondary batteries according to claim 22 which is at least one sort as which said tert-alkylbenzene compound is chosen from tert-butylbenzene, tert-pentyl benzene, 1-fluoro-4-tert-butylbenzene, and 1-fluoro-4-tert-pentyl benzene.

[Claim 24]

The electrolytic solution for lithium secondary batteries according to claim 17 with which the content of said organic compound carries out the description of being 0.1 % of the weight - 10 % of the weight to the electrolytic solution.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

##### [Field of the Invention]

This invention relates to the new lithium secondary battery which can offer the lithium secondary battery excellent also in cell properties, such as safeties, such as overcharge prevention of a cell, and a cycle property, electric capacity, and a preservation property, and the method of securing the safety of the lithium secondary battery, and the electrolytic solution for lithium secondary batteries with still higher safety.

#### [0002]

##### [Description of the Prior Art]

In recent years, the lithium secondary battery is widely used as power sources for actuation, such as small electronic equipment. Moreover, not only a portable electron and communication equipment, such as a small video camera, a cellular phone, and a notebook sized personal computer, but the expectation as a power source for automobiles is great. This lithium secondary battery mainly consists of a positive electrode, nonaqueous electrolyte, and a negative electrode, and the lithium secondary battery which used lithium multiple oxides, such as  $\text{LiCoO}_2$ , as the positive electrode, and used the carbon material or the lithium metal as the negative electrode is used especially suitably. And as a non-aqueous solvent of the electrolytic solution for lithium secondary batteries, carbonate, such as ethylene carbonate (EC) and propylene carbonate (PC), is used suitably.

#### [0003]

At the time of overcharge which exceeds the usual operation electrical potential difference, from a positive electrode, in a negative electrode, a deposit of a superfluous lithium arises and a dendrite produces such a lithium secondary battery at the same time a superfluous lithium is emitted. Therefore, the two poles of forward and a negative electrode destabilize chemically. If the two poles of forward and a negative electrode become instability chemically, it will act with the carbonate in \*\*\*\*\* soon, and will decompose, and rapid exothermic reaction will occur. By this, a cell generates heat unusually and the problem that the safety of a cell is spoiled is produced. Such a situation poses such an important problem that the energy density of a lithium secondary battery increases.

#### [0004]

In order to solve such a problem, the thing which enabled it to secure safety to overcharge was proposed in JP,7-302614,A by adding an aromatic compound little as an additive in the electrolytic solution. In this JP,7-302614,A, the anisole derivative which has the pi electron orbit which has a reversibility oxidation reduction potential in electropositive potential rather than the positive-electrode potential at the time of a full charge with 500 or less molecular weight as an additive of the electrolytic solution is used. Such an anisole derivative has secured the safety of a cell to overcharge by carrying out a redox shuttle within a cell.

#### [0005]

Moreover, in JP,9-106835,A, when a carbon material is used for a negative electrode, a biphenyl, a 3-R-thiophene, 3-chloro thiophene, and a furan are used about 1 to 4% as an additive of the

electrolytic solution and a biphenyl etc. carries out a polymerization on the electrical potential difference exceeding the maximum working voltage of a cell, internal resistance of a cell is enlarged and the method of securing the safety of a cell to overcharge is proposed. Moreover, in JP,9-171840,A, similarly, a biphenyl, a 3-R-thiophene, 3-chloro thiophene, and a furan are used, when a biphenyl etc. carries out a polymerization on the electrical potential difference exceeding the maximum working voltage of a cell, a gas is generated, an internal short circuit is produced by operating internal electroscission equipment, and the method of securing the safety of a cell to overcharge is proposed. Moreover, in JP,10-321258,A, when a biphenyl, a 3-R-thiophene, 3-chloro thiophene, and a furan are used and a biphenyl etc. carries out a polymerization on the electrical potential difference exceeding the maximum working voltage of a cell similarly, the method of producing an internal short circuit and securing the safety of a cell to overcharge is proposed by generating a conductive polymer.

[0006]

However, a cycle is repeated to the electrical-potential-difference upper limit which exceeds 4.1V in the cell which added the biphenyl etc. in JP,11-162512,A, or there is an inclination to worsen cell properties, such as a cycle property, at an elevated temperature 40 degrees C or more in the state of the charge and discharge exposed for a long period of time, and it is indicated with buildup of an addition that there is a trouble that the inclination becomes remarkable. Then, the electrolytic solution which adds 2 and 2-diphenyl propane etc. is proposed, when 2 and 2-diphenyl propane etc. carries out a polymerization on the electrical potential difference exceeding the maximum working voltage of a cell, by generating a gas, operating internal electroscission equipment or generating a conductive polymer, an internal short circuit is produced and the method of securing the safety of a cell to overcharge is proposed.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

However, the anisole derivative proposed by JP,7-302614,A produced the problem of having an adverse effect on a cycle property or a preservation property, to acting effectively to overcharge by the redox shuttle. If exposed to a local somewhat high electrical potential difference, an anisole derivative will decompose gradually with charge and discharge, and the anisole derivative proposed has the problem that an original cell property falls, when usually using it by operating potential, an elevated temperature 40 degrees C or more and. Therefore, since an anisole derivative decomposes and decreases gradually with the usual charge and discharge, if a overcharge trial is performed in 300 cycles, insurance may not be securable enough.

[0008]

Moreover, similarly, to acting effectively to overcharge, the biphenyl proposed by JP,9-106835,A, JP,9-171840,A, and JP,10-321258,A, the 3-R-thiophene, 3-chloro thiophene, and the furan also had the adverse effect on the cycle property or the preservation property, and produced the problem of becoming remarkable with a biphenyl addition as pointed out by aforementioned JP,11-162512,A. Since oxidative degradation of the biphenyl etc. is carried out with the potential not more than 4.5V, if this is exposed to an elevated temperature 40 degrees C or more or an electrical potential difference local somewhat high also when usually using it by operating potential, since a biphenyl etc. decomposes and decreases gradually, a cycle life will fall. Furthermore, since a biphenyl etc. decomposes and decreases gradually with charge and discharge, if a overcharge trial is performed in 300 cycles, insurance may not be securable enough.

[0009]

Furthermore, although the safety to overcharge is not so good as the cell by which the cell which added 2 and 2-diphenyl propane proposed by JP,11-162512,A added the biphenyl, the safety to overcharge is better than the cell which nothing adds. Moreover, it is indicated rather than the cell which nothing adds although the cycle property superior to the cell by which the cell which added 2 and 2-diphenyl propane added the biphenyl is acquired that a cycle property is bad. Therefore, in order to acquire a cycle property better than the cell which added the biphenyl, it is said that sacrificing a part of safety can approve.

thus, as a device of the conventional overcharge prevention By carrying out a polymerization with the approach and the potential not more than 4.5V which carry out a redox shuttle with the potential of the 4.5V neighborhood Although the method of producing an internal short circuit by producing an internal short circuit by generating the approach and gas which enlarge internal resistance of a cell, and operating internal electroscission equipment, or generating a conductive polymer, and securing the safety of the cell to overcharge is learned The actual condition is that cell properties, such as safeties, such as overcharge prevention, and a cycle property, electric capacity, and a preservation property, are not necessarily satisfactory.

[0010]

This invention solves the technical problem about the above electrolytic solutions for lithium secondary batteries, and aims at offering the lithium secondary battery which can constitute the lithium secondary battery excellent also in cell properties, such as safeties, such as overcharge prevention of a cell, and a cycle property, electric capacity, and a preservation property, and the method of securing the safety of the lithium secondary battery, and the electrolytic solution for lithium secondary batteries with still higher safety.

[0011]

[Means for Solving the Problem]

The positive electrode with which this invention consists of a multiple oxide with the lithium containing cobalt or nickel, In the negative electrode which consists of an ingredient which emits [ occlusion and ] a lithium metal, a lithium alloy, or a lithium, and the lithium secondary battery which consists of nonaqueous electrolyte by which the electrolyte is dissolved in the non-aqueous solvent Make an organic compound contain in this nonaqueous electrolyte, and this organic compound decomposes at the time of overcharge. It is related with the lithium secondary battery characterized by securing the safety of a cell, its electrolytic solution for lithium secondary batteries, and the method of securing the safety of a cell by carrying out coating (inactivation) of the activity lithium metal which deposited on the negative electrode.

[0012]

When said organic compound contained in nonaqueous electrolyte carries out oxidative degradation electrochemically with the potential of +4.6V—+5.2V to a lithium unlike the above mentioned conventional example, the device of overcharge prevention of this invention The reaction of the activity lithium metal which deposited on the negative electrode at the time of overcharge, and the carbonate in nonaqueous electrolyte is controlled beforehand, coating (inactivation) of the activity lithium metal which deposited on the negative electrode is carried out, and it is thought that the overcharge prevention effectiveness is discovered. Consequently, what the safety of a cell is secured enough is presumed.

[0013]

Furthermore, since said organic compound contained in nonaqueous electrolyte has the oxidation potential as high as +4.6V—+5.2V to a lithium, even if it usually repeats charge and discharge by operating potential, it does not have an elevated temperature 40 degrees C or more or that said organic solvent decomposes [ an electrical potential difference ] exceeding 4.2V locally. Thereby, it not only excels in safeties, such as overcharge prevention of a cell, but it is thought that the lithium secondary battery excellent also in cell properties, such as a cycle property, electric capacity, and a preservation property, can be offered.

[0014]

[Embodiment of the Invention]

The following compounds are mentioned as said organic compound contained in the electrolytic solution by which the electrolyte is dissolved in the non-aqueous solvent. In addition, the oxidation potential to the lithium measured by the approach indicated in the example which carries out a postscript is shown in a parenthesis.

As said organic compound, a ketone compound is used suitably [ at least one sort ]. 3-methyl-2-butanone (4.9V), 2-methyl-3-pentanone (4.9V), 2, 4-dimethyl-3-pentanone (5.2V), 3-methyl-2-pentanone (4.9V), 4-methyl-3-hexa non (4.9V), 3, 5-dimethyl-4-heptanone (5.1V), 3 and 3-dimethyl-2-pentanone (5.1V), pinacolin (5.1V), 2 and 2-dimethyl-3-pentanone (5.1V), 2 and 2, 4-trimethyl-3-pentanone (5.0V), 2, 2, 4, and 4-tetramethyl-3-pentanone (4.9V), 3, 4-dimethyl-2-

pentanone (4.9V), 3, 5-dimethyl-2-hexanone (4.9V), 3, 4-dimethyl-2-hexanone (4.9V), 3-isopropyl-2-heptanone (4.9V), 2, 4-dimethyl cyclo butanone (5.0V), 2, 2, 4, and 4-tetramethyl cyclo butanone (4.9V), 2, 5-dimethyl cyclopentanone (5.0V), 2, 2, 5, and 5-tetramethyl cyclopentanone (4.9V), (-)-CHUJON (4.9V), 2, 6-dimethyl cyclohexanone (5.0V), 2, 2 and 6, a 6-tetramethyl cyclohexanone (4.9V), 2, a 6-G tert-butyl cyclohexanone (4.9V), 2, a 6-G sec-butyl cyclohexanone (4.9V), A 2-sec-butyl cyclohexanone (4.9V), (-)-menthone (4.8V), (+) - menthone (4.8V), (\*\*) - menthone (4.8V), iso menthone (4.8V), (-) - camphor (5.0V), (+)-camphor (5.0V), (\*\*) - camphor (5.0V), (+)-NOPINON (4.9V), 2, 7-dimethyl cycloheptanone (4.9V), (-)-fenchone (4.6V), (+) - fenchone (4.6V), (\*\*) - fenchone (4.6V), 2-ADAMANTANON (5.2V), etc. may be mentioned, and these may be used by one kind, and you may use it combining two or more kinds. However, this invention is not limited to these compounds.

[0015]

Moreover, cyclohexylbenzene (4.7V) can be used together as said organic compound, and the overcharge prevention effectiveness can be raised by adding the cyclohexylbenzene whose oxidation potential is 4.7V to said ketone compound especially whose oxidation potential is 4.6-5.2V. In addition, when adding cyclohexylbenzene, for example to fenchone, below the amount of 4 times of the content of fenchone is desirable to the weight of cyclohexylbenzene, and the amount of 0.3 to 3 times, especially its amount of 0.5 to 2.5 times are preferably desirable. The overcharge prevention effectiveness can be heightened by using together said at least two kinds from which oxidation potential differs as described above of organic compounds. However, the reaction of the activity lithium metal which deposited on the negative electrode at the time of overcharge by understanding an oxidized part with the potential of +4.6V-+5.0V to a lithium, and the carbonate in nonaqueous electrolyte is controlled beforehand, and if it is the organic compound with which coating (inactivation) of the activity lithium metal which deposited on the negative electrode is promoted, this invention will not be limited to these compounds at all. moreover, as a compound which has the same effectiveness as said cyclohexylbenzene 1-fluoro-2-cyclohexylbenzene (4.8V), 1-fluoro-3-cyclohexylbenzene (4.8V), 1-fluoro-4-cyclohexylbenzene (4.8V), 1-chloro-4-cyclohexylbenzene (4.8V), The cyclohexylbenzene compound of halogen atom permutations, such as 1-BUROMO-4-cyclohexylbenzene (4.8V) and 1-iodine-4-cyclohexylbenzene (4.8V), can be mentioned suitably.

[0016]

Similarly, as said organic compound, by using together at least one sort of a tert-alkylbenzene compound, since the overcharge prevention effectiveness can be raised further, it is desirable. For example, tert-butylbenzene (4.9V), 1-fluoro-4-tert-butylbenzene (4.9V), 1-chloro-4-tert-butylbenzene (4.9V), 1-BUROMO-4-tert-butylbenzene (4.9V), 1-iodine-4-tert-butylbenzene (4.9V), 5-tert-butyl-meta xylene (4.6V), 4-tert-butyl toluene (4.7V), 3, 5-G tert-butyl toluene (4.8V), 1, 3-G tert-butylbenzene (4.9V), 1, 4-G tert-butylbenzene (4.9V), The tert-butylbenzene compound permuted by the straight chain or branching alkyl group of halogen atoms, such as 1, 3, and 5-tree tert-butylbenzene (5.0V), or carbon numbers 1-12 is mentioned. Moreover, tert-pentyl benzene (4.8V), 1-fluoro-4-tert-pentyl benzene (4.8V), 1-chloro-4-tert-pentyl benzene (4.8V), 1-BUROMO-4-tert-pentyl benzene (4.8V), 1-iodine-4-tert-pentyl benzene (4.8V), 1-methyl-4-tert-pentyl benzene, (4.7V) 5-tert-pentyl-meta xylene (4.6V), 1-ethyl-1-(methylpropyl) benzene (4.8V), benzene (1 and 1-diethyl propyl) (4.8V), The tert-alkylbenzene compound permuted by the straight chain or branching alkyl group of halogen atoms, such as 1, 3-G tert-pentyl benzene (4.7V), 1, and 4-G tert-pentyl benzene (4.7V), or carbon numbers 1-12 is mentioned.

[0017]

Furthermore, both a cyclohexylbenzene compound and a tert-alkylbenzene compound can also be used together to a ketone compound. For example, one or more sorts chosen from cyclohexylbenzene and tert-butylbenzene, tert-pentyl benzene, 1-fluoro-4-tert-butylbenzene, and 1-fluoro-4-tert-pentyl benzene are mentioned to a ketone compound like fenchone.

[0018]

In said organic compound, if too few [ when many / too /, the electric conductivity of the electrolytic solution etc. may change and the cell engine performance may fall, and ], since



sufficient overcharge effectiveness will not be acquired, 1 – 5% of the weight of the range is especially desirable [ the content of said organic compound ] to the weight of the electrolytic solution 0.1 % of the weight to 10% of the weight.

[0019]

As a non-aqueous solvent used by this invention, for example Ethylene carbonate (EC), Propylene carbonate (PC), butylene carbonate (BC), Annular carbonate, such as vinylene carbonate (VC), and lactone, such as gamma-butyrolactone Annular sulfonic acids, such as 1 and 3-propane sultone, dimethyl carbonate (DMC), Chain-like carbonate, such as methylethyl carbonate (MEC) and diethyl carbonate (DEC) A tetrahydrofuran, 2-methyl tetrahydrofuran, 1,4-dioxane, Ether, such as 1, 2-dimethoxyethane, 1, 2-diethoxy ethane, 1, and 2-dibutoxy ethane, Amides, such as ester, such as nitril, such as an acetonitrile, methyl propionate, pivalate methyl, and pivalate octyl, and dimethylformamide, are mentioned.

[0020]

These non-aqueous solvents may be used by one kind, and may be used combining two or more kinds. Although especially the combination of a non-aqueous solvent is not limited, various combination, such as combination of annular carbonate and chain-like carbonate, combination of annular carbonate and lactone, and combination of three kinds of annular carbonate and chain-like carbonate, is mentioned, for example.

[0021]

As an electrolyte used by this invention, for example  $\text{LiPF}_6$ ,  $\text{LiBF}_4$ ,  $\text{LiClO}_4$ ,  $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$ ,  $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{C}_2\text{F}_5)_2$  and  $\text{LiC}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_3$ ,  $\text{LiPF}_4(\text{CF}_3)_2$ ,  $\text{LiPF}_3(\text{C}_2\text{F}_5)_3$ ,  $\text{LiPF}_3(\text{CF}_3)_3$ ,  $\text{LiPF}_3(\text{iso-C}_3\text{F}_7)_3$ ,  $\text{LiPF}_5(\text{iso-C}_3\text{F}_7)$ , etc. are mentioned. These electrolytes may be used by one kind, and they may be used, combining them two or more kinds. 0.1–3 M of these electrolytes is usually preferably used by the concentration of 0.5–1.5M, dissolving in the aforementioned non-aqueous solvent.

[0022]

The electrolytic solution of this invention is obtained by mixing the aforementioned non-aqueous solvent, dissolving the aforementioned electrolyte in this, and dissolving at least one sort in said organic compound.

[0023]

The electrolytic solution of this invention is suitably used as the configuration member of a rechargeable battery, especially a configuration member of a lithium secondary battery. Especially about configuration members other than the electrolytic solution which constitutes a rechargeable battery, it is not limited but the various configuration members currently used conventionally can be used.

[0024]

For example, a compound metallic oxide with the lithium which contains cobalt or nickel as positive active material is used. As such a compound metallic oxide,  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiNiO}_2$ ,  $\text{LiCo}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_2$  ( $0.01 < x < 1$ ), etc. are mentioned, for example. Moreover, you may use it for  $\text{LiCoO}_2$ , and  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{LiCoO}_2$  and  $\text{LiNiO}_2$  and  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ , mixing suitably like  $\text{LiNiO}_2$ .

[0025]

A positive electrode the aforementioned positive active material An electric conduction agent and polytetrafluoroethylenes (PTFE), such as acetylene black and carbon black, Polyvinylidene fluoride (PVDF), the copolymer of styrene and a butadiene (SBR), acrylonitrile and binders, such as a copolymer (NBR) of a butadiene, and a carboxymethyl cellulose (CMC), -- kneading -- a positive electrode, after considering as a mixture This positive-electrode ingredient is rolled out to the foil and lath plate of the aluminum as a charge collector, or the product made from stainless steel, and it is produced by heat-treating under a vacuum at the temperature of 50 degrees C – about 250 degrees C for about 2 hours.

[0026]

As a negative electrode (negative-electrode active material), matter, such as a lithium metal, a lithium alloy, a carbon material [pyrolytic carbon, corks, graphite, an organic high-molecular-compounds (artificial-graphite, natural graphite, etc.) combustion object, and a carbon fiber] that can emit [ occlusion and ] a lithium, or a compound stannic-acid ghost, is used. It is desirable to

use the carbon material which has especially the graphite mold crystal structure whose spacing (d002) of a lattice plane (002) is 0.335-0.340nm (nano meter). in addition, a powder ingredient like a carbon material -- binders, such as a copolymer (SBR) of an ethylene-propylene-diene terpolymer (EPDM), polytetrafluoroethylene (PTFE), polyvinylidene fluoride (PVDF), styrene, and a butadiene, a copolymer (NBR) of acrylonitrile and a butadiene, and a carboxymethyl cellulose (CMC), -- kneading -- a negative electrode -- it is used as a mixture.

[0027]

Especially the structure of a lithium secondary battery is not limited and the positive electrode of a monolayer or a double layer, a negative electrode, the coin mold cell which has a separator and a polymer battery, a cylindrical cell, a square shape cell that has the separator of the shape of a roll-like positive electrode, a negative electrode, and a roll further, etc. are mentioned as an example. In addition, the fine porous membrane of polyolefine well-known as a separator, textile fabrics, a nonwoven fabric, etc. are used.

[0028]

The lithium secondary battery in this invention has the rear spring supporter and the outstanding cycle property at the long period of time, also when maximum working voltage is larger than 4.2V, and it has the cycle property which was excellent also when especially maximum working voltage was 4.3V. Cut-off voltage can be made more than 2.0V, and can be made more than 2.5V at a pan. Although not limited especially about a current value, it is usually used by the constant-current discharge of 0.1 - 3C. Moreover, although the charge and discharge of the lithium secondary battery in this invention can be carried out to -40-100 degrees C in the large range, it is 0-80 degrees C preferably.

[0029]

[Example]

Next, an example and the example of a comparison are given and this invention is explained concretely.

Example 1

[Measurement of oxidation potential]

After having dissolved LiPF<sub>6</sub> in the non-aqueous solvent of propylene carbonate so that it might become the concentration of 1M, and adjusting the electrolytic solution, it added so that it might become 3 % of the weight to the electrolytic solution at this about (+)-fenchone as said organic compound. Oxidation potential was measured at the room temperature (20 degrees C) using the electrochemistry analyzer (model 608A) by the ALS company. The platinum pin electrode (diameter of 1mm) was used for the reference electrode on the metal lithium foil and the operation pole. The sweep was carried out from +3V to +6V at the rate of 10mV/s. It was specified as oxidation potential with the value of potential when 0.1mA current change is accepted. However, the 2nd place of decimal point was rounded off. Consequently, the oxidation potential of (+)-fenchone was 4.6V.

[0030]

[Preparation of the electrolytic solution]

After having prepared the non-aqueous solvent of EC/DEC(capacity factor) =30/70, having dissolved so that it might become the concentration of 1M about LiPF<sub>6</sub> at this, and preparing the electrolytic solution, (+)-fenchone was further added as said organic compound so that it might become 3 % of the weight to the electrolytic solution.

[0031]

[Production of a lithium secondary battery, and measurement of a cell property]

Acetylene black (electric conduction agent) was mixed 5% of the weight 90% of the weight, polyvinylidene fluoride (binder) was mixed for LiCoO<sub>2</sub> (positive active material) at 5% of the weight of a rate, the 1-methyl-2-pyrrolidone was added to this, and it was made the shape of a slurry, and applied on aluminum foil. Then, pressing of this was dried and carried out and the positive electrode was prepared. The artificial graphite (negative-electrode active material) was mixed 95% of the weight, polyvinylidene fluoride (binder) was mixed at 5% of the weight of a rate, the 1-methyl-2-pyrrolidone was added to this, and it was made the shape of a slurry, and applied on copper foil. Then, pressing of this was dried and carried out and the negative electrode was

prepared. And using the separator of a polypropylene fine porosity film, the above-mentioned electrolytic solution was poured in and the cylindrical cell (the diameter of 18mm, height of 65mm) of 18650 sizes was produced. The pressure clear aperture and the internal current interrupting device were prepared in the cell.

In order to carry out a cycle trial using these 18650 cells, after charging to 4.2V by the constant current of 1.45A (1C), the bottom of a constant voltage was charged as termination electrical-potential-difference 4.2V under the elevated temperature (45 degrees C) for a total of 3 hours. Next, under the constant current of 1.45A (1C), it discharged to termination electrical-potential-difference 2.5V, and charge and discharge were repeated. Initial discharge capacity was equivalent as compared with the case (example 1 of a comparison) where 1M LiPF<sub>6</sub>+EC/DEC (capacity factor) =30/70 are used as the electrolytic solution. When the cell property after 300 cycles was measured, the discharge capacity maintenance factor when making initial discharge capacity into 100% was 86.1%. Moreover, the elevated-temperature preservation property was also good. Furthermore, the overcharge trial was performed under ordinary temperature (20 degrees C) using 18650 cells which repeated the cycle trial 300 times by charging continuously by the constant current of 2.9A (2C) from a full charge condition. At this time, the maximum surface temperature of the cell after current cutoff of current interrupting time was 78 degrees C for 24 minutes. The ingredient conditions and cell property of a cylindrical cell of 18650 sizes are shown in a table 1.

[0032]

#### Example 2

As said organic compound, (+)-fenchone was used 5% of the weight to the electrolytic solution, and also oxidation potential was measured like the example 1. A result is shown in a table 1. Moreover, the maximum surface temperature of the cell after the ingredient conditions of the cylindrical cell of 18650 sizes and the discharge capacity maintenance factor after 300 cycles, current interrupting time, and current cutoff is shown in a table 1.

[0033]

The example 1 of a comparison

It did not add at all and also said organic compound measured oxidation potential like the example 1. A result is shown in a table 1. Moreover, the maximum surface temperature of the cell after the ingredient conditions of the cylindrical cell of 18650 sizes and the discharge capacity maintenance factor after 300 cycles, current interrupting time, and current cutoff is shown in a table 1.

[0034]

#### Example 3

As said organic compound, (+)-fenchone and 1-fluoro-4-tert-pentyl benzene were used 1.5% of the weight 3% of the weight to the electrolytic solution, respectively, and also oxidation potential was measured like the example 1. A result is shown in a table 1. Moreover, the maximum surface temperature of the cell after the ingredient conditions of the cylindrical cell of 18650 sizes and the discharge capacity maintenance factor after 300 cycles, current interrupting time, and current cutoff is shown in a table 1. Compared with an example 1, the temperature after current cutoff is low, and current interrupting time is also short, and it turns out that it excels in the overcharge prevention effectiveness further compared with an example 1.

[0035]

#### Example 4

As said organic compound, (+)-fenchone and tert-pentyl benzene were used 2% of the weight 3% of the weight to the electrolytic solution, respectively, and also oxidation potential was measured like the example 1. A result is shown in a table 1. Moreover, the maximum surface temperature of the cell after the ingredient conditions of the cylindrical cell of 18650 sizes and the discharge capacity maintenance factor after 300 cycles, current interrupting time, and current cutoff is shown in a table 1. Compared with an example 1, the temperature after current cutoff is low, and current interrupting time is also short, and it turns out that it excels in the overcharge prevention effectiveness further compared with an example 1.

[0036]

## Example 5

As said organic compound, (-)-fenchone and tert-pentyl benzene were used 2% of the weight 3% of the weight to the electrolytic solution, respectively, and also oxidation potential was measured like the example 1. A result is shown in a table 1. Moreover, the maximum surface temperature of the cell after the ingredient conditions of the cylindrical cell of 18650 sizes and the discharge capacity maintenance factor after 300 cycles, current interrupting time, and current cutoff is shown in a table 1. Compared with an example 1, the temperature after current cutoff is low, and current interrupting time is also short, and it turns out that it excels in the overcharge prevention effectiveness further compared with an example 1.

[0037]

## Example 6

As said organic compound, (+)-fenchone and cyclohexylbenzene were used 1% of the weight 3% of the weight to the electrolytic solution, respectively, and also oxidation potential was measured like the example 1. A result is shown in a table 1. Moreover, the maximum surface temperature of the cell after the ingredient conditions of the cylindrical cell of 18650 sizes and the discharge capacity maintenance factor after 300 cycles, current interrupting time, and current cutoff is shown in a table 1. Compared with an example 1, the temperature after current cutoff is low, and current interrupting time is also short, and it turns out that it excels in the overcharge prevention effectiveness further compared with an example 1.

[0038]

The examples 2-4 of a comparison

As said organic compound, well-known 4-fluoro anisole (example 2 of a comparison), 2-chloro thiophene (example 3 of a comparison), and the biphenyl (example 4 of a comparison) were added by a unit of 2% of the weight to the electrolytic solution, respectively, and also oxidation potential was measured like the example 1. A result is shown in a table 1. Moreover, the maximum surface temperature of the cell after the ingredient conditions of the cylindrical cell of 18650 sizes and the discharge capacity maintenance factor after 300 cycles, current interrupting time, and current cutoff is shown in a table 1.

[0039]

## Example 7

As positive active material, replaced with LiCoO<sub>2</sub>, and used LiNi<sub>0.8</sub>Co<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub>, (+)-fenchone and tert-pentyl benzene were used 1% of the weight 3% of the weight to the electrolytic solution, respectively as said organic compound, and also the cylindrical cell of 18650 sizes was produced like the example 1, and the cell engine performance was measured. The ingredient conditions and cell property of a cylindrical cell of 18650 sizes are shown in a table 1.

[0040]

The example 5 of a comparison

As positive active material, replaced with LiCoO<sub>2</sub>, and LiNi<sub>0.8</sub>Co<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> was used, and also the cylindrical cell of 18650 sizes was produced like the example 1 of a comparison, and the cell engine performance was measured. The ingredient conditions and cell property of a cylindrical cell of 18650 sizes are shown in a table 1.

[0041]

## Example 8

The non-aqueous solvent of EC/VC/DEC(capacity factor) =30/2/68 is prepared. After dissolving LiPF<sub>6</sub> in this so that it may become the concentration of 1M, and preparing the electrolytic solution, Furthermore, (+)-fenchone, tert-pentyl benzene, and cyclohexylbenzene were used 1% of the weight 2% of the weight 3% of the weight to the electrolytic solution, respectively as an organic compound, and also the cylindrical cell of 18650 sizes was produced like the example 1, and the cell engine performance was measured. The ingredient conditions and cell property of a cylindrical cell of 18650 sizes are shown in a table 2. Compared with an example 1, the temperature after current cutoff is low, and current interrupting time is also short, and it turns out that it excels in the overcharge prevention effectiveness further compared with an example 1.

[0042]

## Example 9

As said organic compound, (+)-fenchone, tert-butylbenzene, and cyclohexylbenzene were used 1% of the weight 2% of the weight 3% of the weight to the electrolytic solution, respectively, and also the cylindrical cell of 18650 sizes was produced like the example 8, and the cell engine performance was measured. The ingredient conditions and cell property of a cylindrical cell of 18650 sizes are shown in a table 2. Compared with an example 1, the temperature after current cutoff is low, and current interrupting time is also short, and it turns out that it excels in the overcharge prevention effectiveness further compared with an example 1.

[0043]

## Example 10

As said organic compound, (+)-fenchone, tert-pentyl benzene, and tert-butylbenzene were used 1% of the weight 1% of the weight 4% of the weight to the electrolytic solution, respectively, and also the cylindrical cell of 18650 sizes was produced like the example 8, and the cell engine performance was measured. The ingredient conditions and cell property of a cylindrical cell of 18650 sizes are shown in a table 2.

[0044]

## Example 11

As said organic compound, (+)-fenchone and 1-fluoro-4-cyclohexylbenzene were used 1% of the weight 4% of the weight to the electrolytic solution, respectively, and also the cylindrical cell of 18650 sizes was produced like the example 8, and the cell engine performance was measured. The ingredient conditions and cell property of a cylindrical cell of 18650 sizes are shown in a table 2.

[0045]

The example 6 of a comparison

The non-aqueous solvent of EC/VC/DEC(capacity factor) =30/2/68 was used, and also the cylindrical cell of 18650 sizes was produced like the example 1 of a comparison, and the cell engine performance was measured. The ingredient conditions and cell property of a cylindrical cell of 18650 sizes are shown in a table 2.

[0046]

As for the above example, cobalt or nickel sufficient on a negative electrode all deposited at the time of overcharge. The cell which added the organic compound of this invention is understood that the safety and cycle property over overcharge are good rather than the cell of the example of a comparison.

[0047]

[A table 1]

	正極	負極	有機化合物 :量(wt%)	酸化 電位 (V)	電解液組成 容量比	電流遮 断時間 (分)	電池の 最高温 度(°C)	300 サイクル 放電容 量維持 率%
実施 例1	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3	4.6	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	24	78	86.1
実施 例2	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :5	4.6	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	22	74	85.8
比較 例1	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	なし	5.4	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	31	熱暴走	82.8
実施 例3	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3 1-フルオロ-4-tert-ペンチ ルベンゼン :1.5	4.6 + 4.8	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	20	71	85.7
実施 例4	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3 tert-ペンチルベンゼン :2	4.6 + 4.8	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	20	70	85.9
実施 例5	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(-)-フェンコン :3 tert-ペンチルベンゼン :2	4.6 + 4.8	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	20	70	85.9
実施 例6	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3 シクロヘキシルベンゼン :1	4.6 + 4.7	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	26	70	85.1
比較 例2	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	4-フルオロアニソール :2	4.5	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	22	118	72.6
比較 例3	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	2-クロロチオフェン:2	4.4	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	19	92	73.3
比較 例4	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	ビフェニル:2	4.5	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	18	83	74.2
実施 例7	LiNi <sub>0.8</sub> Co <sub>0.2</sub> O <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3 tert-ペンチルベンゼン :1	4.6 + 4.8	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	24	70	85.3
比較 例5	LiNi <sub>0.8</sub> Co <sub>0.2</sub> O <sub>2</sub>	人造 黒鉛	なし	5.4	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	31	熱暴走	80.4

[0048]

[A table 2]

	正極	負極	有機化合物 :量(wt%)	酸化 電位 (V)	電解液組成 容量比	電流遮 断時間 (分)	電池の 最高温 度(°C)	300 サイクル 放電容 量維持 率%
実施 例8	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3 tert-ペンチルベンゼン :2 シクロヘキシルベンゼン :1	4.6 + 4.8 + 4.7	1M LiPF <sub>6</sub> EC/VC/DEC =30/2/68	18	65	86.2
実施 例9	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3 tert-ブチルベンゼン :2 シクロヘキシルベンゼン :1	4.6 + 4.9 + 4.7	1M LiPF <sub>6</sub> EC/VC/DEC =30/2/68	18	65	86.1
実施 例10	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :4 tert-ペンチルベンゼン :1 tert-ブチルベンゼン :1	4.6 + 4.8 + 4.9	1M LiPF <sub>6</sub> EC/VC/DEC =30/2/68	22	63	86.9
実施 例11	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :4 1-フルオロ-4-シクロヘキ シルベンゼン :1	4.6 + 4.8	1M LiPF <sub>6</sub> EC/VC/DEC =30/2/68	19	64	86.5
比較 例6	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	なし	4.8	1M LiPF <sub>6</sub> EC/VC/DEC =30/2/68	31	熱暴走	84.3

[0049]

In addition, this invention is not limited to the example of a publication, but various combination which can be guessed is easily possible for it from the meaning of invention. Especially the combination of the solvent of the above-mentioned example is not limited. Furthermore, although the above-mentioned example is related with the cylindrical cell of 18650 sizes, this invention is applied also to the cell of a square shape, an aluminum lamination mold, and a coin mold.

[0050]

[Effect of the Invention]

According to this invention, the lithium secondary battery excellent also in cell properties, such as safeties, such as overcharge prevention of a cell, and a cycle property, electric capacity, and a preservation property, can be offered.

[Translation done.]





(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-63367

(P2004-63367A)

(43) 公開日 平成16年2月26日 (2004.2.26)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

H O 1 M 10/40

H O 1 M 10/40

A

5 H O 2 9

H O 1 M 4/02

H O 1 M 4/02

C

5 H O 5 0

H O 1 M 4/40

H O 1 M 4/02

D

H O 1 M 4/58

H O 1 M 4/40

H O 1 M 4/58

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2002-222509 (P2002-222509)

(22) 出願日

平成14年7月31日 (2002.7.31)

(71) 出願人 000000206

宇部興産株式会社

山口県宇部市大字小串1978番地の96

(72) 発明者 安部 浩司

山口県宇部市大字小串1978番地の10

宇部興産株式会社宇部ケミカル工場内

(72) 発明者 三好 和弘

山口県宇部市大字小串1978番地の10

宇部興産株式会社宇部ケミカル工場内

(72) 発明者 桑田 孝明

山口県宇部市大字小串1978番地の10

宇部興産株式会社宇部ケミカル工場内

(72) 発明者 松森 保男

山口県宇部市大字小串1978番地の10

宇部興産株式会社宇部ケミカル工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リチウム二次電池とその非水電解液およびその安全性を確保する方法

## (57) 【要約】

【課題】電池の過充電防止などの安全性およびサイクル特性、電気容量、保存特性などの電池特性にも優れたリチウム二次電池を提供することができる。

【解決手段】コバルトまたはニッケルを含有するリチウムとの複合酸化物からなる正極、リチウム金属、リチウム合金またはリチウムを吸蔵、放出可能な材料からなる負極、および非水溶媒に電解質が溶解されている非水電解液からなるリチウム二次電池において、該非水電解液中に有機化合物を含有させて、この有機化合物が過充電時に分解して、負極上に析出した活性なリチウム金属をコーティングすることにより電池の安全性を確保することを特徴とするリチウム二次電池に関する。

【選択図】 なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

コバルトまたはニッケルを含有するリチウムとの複合酸化物からなる正極、リチウム金属、リチウム合金またはリチウムを吸蔵、放出可能な材料からなる負極、および非水溶媒に電解質が溶解されている非水電解液からなるリチウム二次電池において、該非水電解液中に有機化合物を含有させて、この有機化合物が過充電時に分解して、負極上に析出した活性なリチウム金属をコーティングすることにより電池の安全性を確保することを特徴とするリチウム二次電池。

## 【請求項 2】

前記有機化合物として、酸化電位がリチウムに対して +4.6 V ~ +5.2 V であるケトン化合物を使用することを特徴とする請求項 1 記載のリチウム二次電池。 10

## 【請求項 3】

前記ケトン化合物が、チュジョン、メントン、イソメントン、カンファー、ノピノン、フェンコンから選ばれる少なくとも 1 種である請求項 2 記載のリチウム二次電池。

## 【請求項 4】

前記有機化合物がケトン化合物の少なくとも 1 種およびシクロヘキシルベンゼン化合物である請求項 1 記載のリチウム二次電池。

## 【請求項 5】

前記シクロヘキシルベンゼン化合物がシクロヘキシルベンゼン、1-フルオロ-2-シクロヘキシルベンゼン、1-フルオロ-3-シクロヘキシルベンゼン、1-フルオロ-4-シクロヘキシルベンゼン、1-クロロ-4-シクロヘキシルベンゼン、1-ブロモ-4-シクロヘキシルベンゼン、1-ヨード-4-シクロヘキシルベンゼンから選ばれる少なくとも 1 種である請求項 4 記載のリチウム二次電池。 20

## 【請求項 6】

前記有機化合物がケトン化合物の少なくとも 1 種および *tert*-アルキルベンゼン化合物である請求項 1 記載のリチウム二次電池。

## 【請求項 7】

前記 *tert*-アルキルベンゼン化合物が *tert*-ブチルベンゼン、*tert*-ペンチルベンゼン、1-フルオロ-4-*tert*-ブチルベンゼン、1-フルオロ-4-*tert*-ペンチルベンゼンから選ばれる少なくとも 1 種である請求項 6 記載のリチウム二次電池。 30

## 【請求項 8】

前記有機化合物の含有量が、電解液に対して 0.1 重量% ~ 10 重量%であることを特徴する請求項 1 記載のリチウム二次電池。

## 【請求項 9】

コバルトまたはニッケルを含有するリチウムとの複合酸化物からなる正極、リチウム金属、リチウム合金またはリチウムを吸蔵、放出可能な材料からなる負極、および非水溶媒に電解質が溶解されている非水電解液からなるリチウム二次電池において、該非水電解液中に有機化合物を含有させて、この有機化合物が過充電時に分解して、負極上に析出した活性なリチウム金属をコーティングすることにより電池の安全性を確保することを特徴とする電池の安全性を確保する方法。 40

## 【請求項 10】

前記有機化合物として、酸化電位がリチウムに対して +4.6 V ~ +5.2 V であるケトン化合物を使用することを特徴とする請求項 9 記載の電池の安全性を確保する方法。

## 【請求項 11】

前記ケトン化合物が、チュジョン、メントン、イソメントン、カンファー、ノピノン、フェンコンから選ばれる少なくとも 1 種である請求項 10 記載の電池の安全性を確保する方法。

## 【請求項 12】

前記有機化合物がケトン化合物の少なくとも 1 種およびシクロヘキシルベンゼン化合物で 50

ある請求項 9 記載の電池の安全性を確保する方法。

【請求項 13】

前記シクロヘキシルベンゼン化合物がシクロヘキシルベンゼン、1-フルオロ-2-シクロヘキシルベンゼン、1-フルオロ-3-シクロヘキシルベンゼン、1-フルオロ-4-シクロヘキシルベンゼン、1-クロロ-4-シクロヘキシルベンゼン、1-ブロモ-4-シクロヘキシルベンゼン、1-ヨード-4-シクロヘキシルベンゼンから選ばれる少なくとも1種である請求項 12 記載の電池の安全性を確保する方法。

【請求項 14】

前記有機化合物がケトン化合物の少なくとも1種およびtert-アルキルベンゼン化合物である請求項 9 記載の電池の安全性を確保する方法。

【請求項 15】

前記tert-アルキルベンゼン化合物がtert-ブチルベンゼン、tert-ペンチルベンゼン、1-フルオロ-4-tert-ブチルベンゼン、1-フルオロ-4-tert-ペンチルベンゼンから選ばれる少なくとも1種である請求項 14 記載の電池の安全性を確保する方法。

【請求項 16】

前記有機化合物の含有量が、電解液に対して0.1重量%~10重量%であることを特徴する請求項 9 記載の電池の安全性を確保する方法。

【請求項 17】

コバルトまたはニッケルを含有するリチウムとの複合酸化物からなる正極、リチウム金属、リチウム合金またはリチウムを吸蔵、放出可能な材料からなる負極、および非水溶媒に電解質が溶解されている非水電解液からなるリチウム二次電池用電解液において、該非水電解液中に有機化合物を含有させて、この有機化合物が過充電時に分解して、負極上に析出した活性なリチウム金属をコーティングすることにより電池の安全性を確保することを特徴とするリチウム二次電池用電解液。

【請求項 18】

前記有機化合物として、酸化電位がリチウムに対して+4.6V~+5.2Vであるケトン化合物を使用することを特徴とする請求項 17 記載のリチウム二次電池用電解液。

【請求項 19】

前記ケトン化合物が、チュジョン、メントン、イソメントン、カンファー、ノピノシ、フェンコンから選ばれる少なくとも1種である請求項 18 記載のリチウム二次電池用電解液。

【請求項 20】

前記有機化合物がケトン化合物の少なくとも1種およびシクロヘキシルベンゼン化合物である請求項 17 記載のリチウム二次電池用電解液。

【請求項 21】

前記シクロヘキシルベンゼン化合物がシクロヘキシルベンゼン、1-フルオロ-2-シクロヘキシルベンゼン、1-フルオロ-3-シクロヘキシルベンゼン、1-フルオロ-4-シクロヘキシルベンゼン、1-クロロ-4-シクロヘキシルベンゼン、1-ブロモ-4-シクロヘキシルベンゼン、1-ヨード-4-シクロヘキシルベンゼンから選ばれる少なくとも1種である請求項 20 記載のリチウム二次電池用電解液。

【請求項 22】

前記有機化合物がケトン化合物の少なくとも1種およびtert-アルキルベンゼン化合物である請求項 17 記載のリチウム二次電池用電解液。

【請求項 23】

前記tert-アルキルベンゼン化合物がtert-ブチルベンゼン、tert-ペンチルベンゼン、1-フルオロ-4-tert-ブチルベンゼン、1-フルオロ-4-tert-ペンチルベンゼンから選ばれる少なくとも1種である請求項 22 記載のリチウム二次電池用電解液。

【請求項 24】

10

20

30

40

50

前記有機化合物の含有量が、電解液に対して0.1重量%～10重量%であることを特徴する請求項17記載のリチウム二次電池用電解液。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電池の過充電防止などの安全性およびサイクル特性、電気容量、保存特性などの電池特性にも優れたリチウム二次電池を提供することができる新規なリチウム二次電池、および、そのリチウム二次電池の安全性を確保する方法、更には、安全性の高いリチウム二次電池用電解液に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、リチウム二次電池は小型電子機器などの駆動用電源として広く使用されている。また、小型ビデオカメラ、携帯電話、ノート型パソコンなどの携帯用電子・通信機器のみならず、自動車用の電源としての期待も大きい。このリチウム二次電池は、主に正極、非水電解液および負極から構成されており、特に、 $\text{LiCoO}_2$ などのリチウム複合酸化物を正極とし、炭素材料又はリチウム金属を負極としたリチウム二次電池が好適に使用されている。そして、そのリチウム二次電池用電解液の非水溶媒としては、エチレンカーボネート(EC)、プロピレンカーボネート(PC)などのカーボネート類が好適に使用されている。

【0003】

このようなリチウム二次電池は、通常的作用電圧を上回るような過充電時に、正極からは過剰なリチウムが放出されると同時に、負極では過剰なリチウムの析出が生じて、デンドライトが生じる。そのため、正・負極の両極が化学的に不安定化する。正・負極の両極が化学的に不安定になると、やがては非水電解液中のカーボネート類と作用して分解し、急激な発熱反応が起こる。これによって、電池が異常に発熱し、電池の安全性が損なわれるという問題を生じる。このような状況は、リチウム二次電池のエネルギー密度が増加するほど重要な問題となる。

【0004】

このような問題を解決するため、電解液中に添加剤として少量の芳香族化合物を添加することによって、過充電に対して安全性を確保できるようにしたものが、例えば、特開平7-302614号公報において提案された。この特開平7-302614号公報では、電解液の添加剤として、分子量500以下で満充電時の正極電位よりも貴な電位に可逆性酸化還元電位を有するようなπ電子軌道を持つアニソール誘導体などを使用している。このようなアニソール誘導体は、電池内でレドックスシャトルすることにより、過充電に対して電池の安全性を確保している。

【0005】

また、特開平9-106835号公報では、負極に炭素材料を用い、電解液の添加剤として、ビフェニル、3-R-チオフェン、3-クロロチオフェン、フランを約1～4%使用して、電池の最大作動電圧を超える電圧でビフェニルなどが重合することによって、電池の内部抵抗を大きくして、過充電に対して電池の安全性を確保する方法が提案されている。また、特開平9-171840号公報では、同様に、ビフェニル、3-R-チオフェン、3-クロロチオフェン、フランを使用して、電池の最大作動電圧を超える電圧でビフェニルなどが重合することによって気体を発生させ、内部電気切断装置を作動させることにより内部短絡を生じさせて、過充電に対して電池の安全性を確保する方法が提案されている。また、特開平10-321258号公報では、同様に、ビフェニル、3-R-チオフェン、3-クロロチオフェン、フランを使用して、電池の最大作動電圧を超える電圧でビフェニルなどが重合することによって、導電性ポリマーを発生させることにより、内部短絡を生じさせて過充電に対して電池の安全性を確保する方法が提案されている。

【0006】

しかしながら、特開平11-162512号公報では、ビフェニルなどを添加した電池に

10

20

30

40

50

において、4.1 Vを越える電圧上限までサイクルが繰り返されたり、40℃以上の高温で長期間暴露される充放電状態では、サイクル特性などの電池特性を悪化させる傾向があり、添加量の増大に伴って、その傾向は顕著になるという問題点があることが記載されている。そこで、2, 2-ジフェニルプロパンなどを添加する電解液が提案され、電池の最大作動電圧を超える電圧で2, 2-ジフェニルプロパンなどが重合することによって、気体を発生させて内部電気切断装置を作動させたり、導電性ポリマーを発生させることにより、内部短絡を生じさせて、過充電に対して電池の安全性を確保する方法が提案されている。

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開平7-302614号公報に提案されたアニソール誘導体は、レドックスシャトルにより過充電に対して有効に作用するのに対して、サイクル特性や保存特性に悪影響を及ぼすという問題を生じた。提案されているアニソール誘導体は、40℃以上の高温や通常作動電圧で使用している場合に、局部的に少し高い電圧にさらされると充放電と共に徐々にアニソール誘導体が分解し、本来の電池特性が低下するという問題がある。したがって、通常の充放電と共に徐々にアニソール誘導体が分解して少なくなってしまうために、300サイクル後に過充電試験を行うと、安全を十分確保できないこともある。

#### 【0008】

また、特開平9-106835号公報、特開平9-171840号公報、特開平10-321258号公報に提案されたビフェニル、3-R-チオフェン、3-クロロチオフェン、フランも同様に、過充電に対しては有効に作用するのに対して、前記の特開平11-162512号公報で指摘されているように、サイクル特性や保存特性に悪影響を及ぼし、ビフェニル添加量と共に顕著になるという問題を生じた。これは、ビフェニルなどが4.5 V以下の電位で酸化分解されるために、40℃以上の高温や通常作動電圧で使用している場合にも局部的に少し高い電圧にさらされると、徐々にビフェニルなどが分解して少なくなってしまうためにサイクル寿命が低下してしまう。更には、充放電と共に徐々にビフェニルなどが分解して少なくなってしまうために、300サイクル後に過充電試験を行うと、安全を十分確保できないこともある。

#### 【0009】

更には、特開平11-162512号公報に提案された2, 2-ジフェニルプロパンを添加した電池は、ビフェニルを添加した電池ほど過充電に対する安全性は良くないものの、何も添加しない電池よりも過充電に対する安全性は良い。また、2, 2-ジフェニルプロパンを添加した電池は、ビフェニルを添加した電池より優れたサイクル特性が得られるものの、何も添加しない電池よりもサイクル特性は悪いことが記載されている。よって、ビフェニルを添加した電池よりも良好なサイクル特性を得るためには、安全性の一部を犠牲にすることが許容できることが述べられている。

このように、従来の過充電防止の機構としては、4.5 V付近の電位でレドックスシャトルする方法、4.5 V以下の電位で重合することによって、電池の内部抵抗を大きくする方法、気体を発生させて内部電気切断装置を作動させることにより内部短絡を生じさせたり、導電性ポリマーを発生させることにより内部短絡を生じさせて、過充電に対する電池の安全性を確保する方法が知られているが、過充電防止などの安全性およびサイクル特性、電気容量、保存特性などの電池特性は必ずしも満足なものではないのが現状である。

#### 【0010】

本発明は、前記のようなリチウム二次電池用電解液に関する課題を解決し、電池の過充電防止などの安全性およびサイクル特性、電気容量、保存特性などの電池特性にも優れたリチウム二次電池を構成することができるリチウム二次電池、および、そのリチウム二次電池の安全性を確保する方法、更には、安全性の高いリチウム二次電池用電解液を提供することを目的とする。

#### 【0011】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、コバルトまたはニッケルを含有するリチウムとの複合酸化物からなる正極、リチウム金属、リチウム合金またはリチウムを吸蔵、放出可能な材料からなる負極、および非水溶媒に電解質が溶解されている非水電解液からなるリチウム二次電池において、該非水電解液中に有機化合物を含有させて、この有機化合物が過充電時に分解して、負極上に析出した活性なリチウム金属をコーティング（不活性化）することにより電池の安全性を確保することを特徴とするリチウム二次電池、そのリチウム二次電池用電解液、および電池の安全性を確保する方法に関する。

## 【0012】

本発明の過充電防止の機構は、前記した従来例とは異なり、非水電解液中に含有される前記有機化合物が、リチウムに対して+4.6V～+5.2Vの電位で電気化学的に酸化分解することにより、過充電時に負極上に析出した活性なリチウム金属と非水電解液中のカーボネートとの反応を未然に抑制し、負極上に析出した活性なリチウム金属をコーティング（不活性化）し、過充電防止効果を発現するものと考えられる。その結果、電池の安全性が十分確保されるものと推定される。

## 【0013】

- さらに、非水電解液中に含有される前記有機化合物は、リチウムに対する酸化電位が+4.6V～+5.2Vと高いために、40℃以上の高温や通常作動電圧で充放電を繰り返しても、電圧が局部的に4.2Vを越えて、前記有機溶媒が分解することがない。これにより、電池の過充電防止などの安全性に優れているだけではなく、サイクル特性、電気容量、保存特性などの電池特性にも優れたリチウム二次電池を提供することができるものと考えられる。

## 【0014】

## 【発明の実施の形態】

非水溶媒に電解質が溶解されている電解液に含有される前記有機化合物としては、以下のような化合物が挙げられる。なお、後記する実施例に記載した方法により測定したリチウムに対する酸化電位をカッコ内に示す。

前記有機化合物として、ケトン化合物の少なくとも1種が好適に使用され、3-メチル-2-ブタノン（4.9V）、2-メチル-3-ペンタノン（4.9V）、2,4-ジメチル-3-ペンタノン（5.2V）、3-メチル-2-ペンタノン（4.9V）、4-メチル-3-ヘキサノン（4.9V）、3,5-ジメチル-4-ヘプタノン（5.1V）、3,3-ジメチル-2-ペンタノン（5.1V）、ピナコリン（5.1V）、2,2-ジメチル-3-ペンタノン（5.1V）、2,2,4,4-テトラメチル-3-ペンタノン（5.0V）、2,2,4,4-テトラメチル-3-ペンタノン（4.9V）、3,4-ジメチル-2-ペンタノン（4.9V）、3,5-ジメチル-2-ヘキサノン（4.9V）、3,4-ジメチル-2-ヘキサノン（4.9V）、3-イソプロピル-2-ヘプタノン（4.9V）、2,4-ジメチルシクロブタノン（5.0V）、2,2,4,4-テトラメチルシクロブタノン（4.9V）、2,5-ジメチルシクロペンタノン（5.0V）、2,2,5,5-テトラメチルシクロペンタノン（4.9V）、（-）-チュジョン（4.9V）、2,6-ジメチルシクロヘキサノン（5.0V）、2,2,6,6-テトラメチルシクロヘキサノン（4.9V）、2,6-ジ-tert-ブチルシクロヘキサノン（4.9V）、2,6-ジ-sec-ブチルシクロヘキサノン（4.9V）、2-sec-ブチルシクロヘキサノン（4.9V）、（-）-メントン（4.8V）、（+）-メントン（4.8V）、（±）-メントン（4.8V）、イソメントン（4.8V）、（-）-カンファー（5.0V）、（+）-カンファー（5.0V）、（±）-カンファー（5.0V）、（+）-ノピノン（4.9V）、2,7-ジメチルシクロヘプタノン（4.9V）、（-）-フェンコン（4.6V）、（+）-フェンコン（4.6V）、（±）-フェンコン（4.6V）、2-アダマンタノン（5.2V）などが挙げられ、これらは1種類で使用してもよく、また2種類以上を組み合わせ使用してもよい。ただし、本発明はこれらの化合物に限定されるものではない。

10

20

30

40

50

## 【0015】

また、前記有機化合物としてシクロヘキシルベンゼン（4.7V）を併用することができ、特に酸化電位が4.6～5.2Vである前記ケトン化合物に酸化電位が4.7Vのシクロヘキシルベンゼンを加えることにより、過充電防止効果を向上させることができる。なお、例えばフェンコンにシクロヘキシルベンゼンを加える場合、フェンコンの含有量はシクロヘキシルベンゼンの重量に対して4倍量以下が好ましく、好ましくは0.3～3倍量、特に0.5～2.5倍量が好ましい。前記したように酸化電位の異なる少なくとも2種類の前記有機化合物を併用することにより、過充電防止効果を高めることができる。ただし、リチウムに対して+4.6V～+5.0Vの電位で酸化分解することにより、過充電時に負極上に析出した活性なりチウム金属と非水電解液中のカーボネートとの反応を未然に抑制し、負極上に析出した活性なりチウム金属のコーティング（不活性化）が促進される有機化合物であれば、本発明はこれらの化合物に何ら限定されるものではない。また、前記シクロヘキシルベンゼンと同様な効果を有する化合物として、1-フルオロ-2-シクロヘキシルベンゼン（4.8V）、1-フルオロ-3-シクロヘキシルベンゼン（4.8V）、1-フルオロ-4-シクロヘキシルベンゼン（4.8V）、1-クロロ-4-シクロヘキシルベンゼン（4.8V）、1-ブロモ-4-シクロヘキシルベンゼン（4.8V）、1-ヨード-4-シクロヘキシルベンゼン（4.8V）等のハロゲン原子置換のシクロヘキシルベンゼン化合物を好適に挙げることができる。

10

## 【0016】

同様に、前記有機化合物として、tert-アルキルベンゼン化合物の少なくとも1種を併用することにより、さらに過充電防止効果を向上させることができるので好ましい。例えばtert-ブチルベンゼン（4.9V）、1-フルオロ-4-tert-ブチルベンゼン（4.9V）、1-クロロ-4-tert-ブチルベンゼン（4.9V）、1-ブロモ-4-tert-ブチルベンゼン（4.9V）、1-ヨード-4-tert-ブチルベンゼン（4.9V）、5-tert-ブチル-m-キシレン（4.6V）、4-tert-ブチルトルエン（4.7V）、3,5-ジ-tert-ブチルトルエン（4.8V）、1,3-ジ-tert-ブチルベンゼン（4.9V）、1,4-ジ-tert-ブチルベンゼン（4.9V）、1,3,5-トリ-tert-ブチルベンゼン（5.0V）などのハロゲン原子または炭素数1～12の直鎖もしくは分枝アルキル基で置換されているtert-ブチルベンゼン化合物が挙げられ、また、tert-ペンチルベンゼン（4.8V）、1-フルオロ-4-tert-ペンチルベンゼン（4.8V）、1-クロロ-4-tert-ペンチルベンゼン（4.8V）、1-ブロモ-4-tert-ペンチルベンゼン（4.8V）、1-ヨード-4-tert-ペンチルベンゼン（4.8V）、1-メチル-4-tert-ペンチルベンゼン（4.7V）、5-tert-ペンチル-m-キシレン（4.6V）、1-エチル-1-(メチルプロピル)ベンゼン（4.8V）、(1,1-ジエチルプロピル)ベンゼン（4.8V）、1,3-ジ-tert-ペンチルベンゼン（4.7V）、1,4-ジ-tert-ペンチルベンゼン（4.7V）などのハロゲン原子または炭素数1～12の直鎖もしくは分枝アルキル基で置換されているtert-アルキルベンゼン化合物が挙げられる。

20

30

## 【0017】

更に、ケトン化合物に、シクロヘキシルベンゼン化合物およびtert-アルキルベンゼン化合物の両方を併用することもできる。例えば、フェンコンのようなケトン化合物に、シクロヘキシルベンゼンおよび、tert-ブチルベンゼン、tert-ペンチルベンゼン、1-フルオロ-4-tert-ブチルベンゼン、1-フルオロ-4-tert-ペンチルベンゼンから選ばれる1種以上が挙げられる。

40

## 【0018】

前記有機化合物において、前記有機化合物の含有量は、過度に多いと、電解液の電導度などが変わり電池性能が低下することがあり、過度に少ないと、十分な過充電効果が得られないので、電解液の重量に対して0.1重量%～10重量%、特に1～5重量%の範囲が好ましい。

50

## 【0019】

本発明で使用される非水溶媒としては、例えば、エチレンカーボネート（EC）、プロピレンカーボネート（PC）、ブチレンカーボネート（BC）、ビニレンカーボネート（VC）などの環状カーボネート類や、γ-ブチロラクトンなどのラクトン類、1,3-プロパンスルホンなどの環状スルホン酸類、ジメチルカーボネート（DMC）、メチルエチルカーボネート（MEC）、ジエチルカーボネート（DEC）などの鎖状カーボネート類、テトラヒドロフラン、2-メチルテトラヒドロフラン、1,4-ジオキサン、1,2-ジメトキシエタン、1,2-ジエトキシエタン、1,2-ジブトキシエタンなどのエーテル類、アセトニトリルなどのニトリル類、プロピオン酸メチル、ピバリン酸メチル、ピバリン酸オクチルなどのエステル類、ジメチルホルムアミドなどのアミド類が挙げられる。

10

## 【0020】

これらの非水溶媒は、1種類で使用してもよく、また2種類以上を組み合わせ使用してもよい。非水溶媒の組み合わせは特に限定されないが、例えば、環状カーボネート類と鎖状カーボネート類との組み合わせ、環状カーボネート類とラクトン類との組み合わせ、環状カーボネート類3種類と鎖状カーボネート類との組み合わせなど種々の組み合わせが挙げられる。

## ) 【0021】

本発明で使用される電解質としては、例えば、 $\text{LiPF}_6$ 、 $\text{LiBF}_4$ 、 $\text{LiClO}_4$ 、 $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{C}_2\text{F}_5)_2$ 、 $\text{LiC}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_3$ 、 $\text{LiPF}_4(\text{CF}_3)_2$ 、 $\text{LiPF}_3(\text{C}_2\text{F}_5)_3$ 、 $\text{LiPF}_3(\text{CF}_3)_3$ 、 $\text{LiPF}_3(\text{iso-C}_3\text{F}_7)_3$ 、 $\text{LiPF}_5(\text{iso-C}_3\text{F}_7)$ などが挙げられる。これらの電解質は、1種類で使用してもよく、2種類以上組み合わせ使用してもよい。これら電解質は、前記の非水溶媒に通常0.1～3M、好ましくは0.5～1.5Mの濃度で溶解されて使用される。

20

## 【0022】

本発明の電解液は、例えば、前記の非水溶媒を混合し、これに前記の電解質を溶解し、前記有機化合物のうち少なくとも1種を溶解することにより得られる。

## 【0023】

本発明の電解液は、二次電池の構成部材、特にリチウム二次電池の構成部材として好適に使用される。二次電池を構成する電解液以外の構成部材については特に限定されず、従来使用されている種々の構成部材を使用できる。

30

## 【0024】

例えば、正極活物質としてはコバルトまたはニッケルを含有するリチウムとの複合金属酸化物が使用される。このような複合金属酸化物としては、例えば、 $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiNiO}_2$ 、 $\text{LiCo}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_2$  ( $0.01 < x < 1$ )などが挙げられる。また、 $\text{LiCoO}_2$ と $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{LiCoO}_2$ と $\text{LiNiO}_2$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ と $\text{LiNiO}_2$ のように適当に混ぜ合わせて使用しても良い。

## 【0025】

正極は、前記の正極活物質をアセチレンブラック、カーボンブラックなどの導電剤およびポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）、スチレンとブタジエンの共重合体（SBR）、アクリロニトリルとブタジエンの共重合体（NBR）、カルボキシメチルセルロース（CMC）などの結着剤と混練して正極合剤とした後、この正極材料を集電体としてのアルミニウムやステンレス製の箔やラス板に圧延して、50℃～250℃程度の温度で2時間程度真空下で加熱処理することにより作製される。

40

## 【0026】

負極（負極活物質）としては、リチウム金属やリチウム合金、またはリチウムを吸蔵・放出可能な炭素材料〔熱分解炭素類、コークス類、グラファイト類（人造黒鉛、天然黒鉛など）、有機高分子化合物燃焼体、炭素繊維〕、または複合スズ酸化物などの物質が使用される。特に、格子面（002）の面間隔（ $d_{002}$ ）が0.335～0.340nm（ナノメートル）である黒鉛型結晶構造を有する炭素材料を使用することが好ましい。なお、

50



炭素材料のような粉末材料はエチレンプロピレンジエンターポリマー (EPDM)、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE)、ポリフッ化ビニリデン (PVDF)、スチレンとブタジエンの共重合体 (SBR)、アクリロニトリルとブタジエンの共重合体 (NBR)、カルボキシメチルセルロース (CMC) などの結着剤と混練して負極合剤として使用される。

#### 【0027】

リチウム二次電池の構造は特に限定されるものではなく、単層又は複層の正極、負極、セパレータを有するコイン型電池やポリマー電池、さらに、ロール状の正極、負極およびロール状のセパレータを有する円筒型電池や角型電池などが一例として挙げられる。なお、セパレータとしては公知のポリオレフィンの微多孔膜、織布、不織布などが使用される。

10

#### 【0028】

本発明におけるリチウム二次電池は、最大作動電圧が4.2Vより大きい場合にも長期間にわたり、優れたサイクル特性を有しており、特に最大作動電圧が4.3Vのような場合にも優れたサイクル特性を有している。カットオフ電圧は、2.0V以上とすることができ、さらに2.5V以上とすることができる。電流値については特に限定されるものではないが、通常0.1~3Cの定電流放電で使用される。また、本発明におけるリチウム二次電池は、-40~100℃と広い範囲で充放電することができるが、好ましくは0~80℃である。

#### 【0029】

##### 【実施例】

20

次に、実施例および比較例を挙げて、本発明を具体的に説明する。

##### 実施例1

##### 〔酸化電位の測定〕

プロピレンカーボネートの非水溶媒にLiPF<sub>6</sub>を1Mの濃度になるように溶解して電解液を調整した後、これに前記有機化合物として(+)ーフェンコンを電解液に対して3重量%となるように加えた。ALS社製電気化学アナライザー(モデル608A)を用いて、室温(20℃)で酸化電位を測定した。参照電極には金属リチウム箔、作用極には白金棒電極(直径1mm)を用いた。毎秒10mVの速度で+3Vから+6Vまで掃引した。0.1mAの電流変化が認められた時の電位の値をもって酸化電位と規定した。ただし、小数点2位は四捨五入した。その結果、(+)ーフェンコンの酸化電位は4.6Vであった。

30

#### 【0030】

##### 〔電解液の調製〕

EC/DEC(容量比)=30/70の非水溶媒を調製し、これにLiPF<sub>6</sub>を1Mの濃度になるように溶解して電解液を調製した後、さらに前記有機化合物として(+)ーフェンコンを電解液に対して3重量%となるように加えた。

#### 【0031】

##### 〔リチウム二次電池の作製および電池特性の測定〕

LiCoO<sub>2</sub>(正極活物質)を90重量%、アセチレンブラック(導電剤)を5重量%、ポリフッ化ビニリデン(結着剤)を5重量%の割合で混合し、これに1ーメチルー2ーピロリドンを加えてスラリー状にしてアルミ箔上に塗布した。その後、これを乾燥し、加圧成形して正極を調製した。人造黒鉛(負極活物質)を95重量%、ポリフッ化ビニリデン(結着剤)を5重量%の割合で混合し、これに1ーメチルー2ーピロリドンを加えてスラリー状にして銅箔上に塗布した。その後、これを乾燥し、加圧成形して負極を調製した。そして、ポリプロピレン微多孔性フィルムのセパレータを用い、上記の電解液を注入して18650サイズの円筒型電池(直径18mm、高さ65mm)を作製した。電池には、圧力開放口および内部電流遮断装置を設けた。

40

この18650電池を用いて、サイクル試験するために、高温(45℃)下、1.45A(1C)の定電流で4.2Vまで充電した後、終止電圧4.2Vとして定電圧下に合計3時間充電した。次に1.45A(1C)の定電流下、終止電圧2.5Vまで放電し充放電

50

を繰り返した。初期放電容量は、 $1\text{M LiPF}_6 + \text{EC}/\text{DEC}$  (容量比) =  $30/70$  を電解液として用いた場合 (比較例 1) と比較して同等であった。300 サイクル後の電池特性を測定したところ、初期放電容量を 100% としたときの放電容量維持率は 86.1% であった。また、高温保存特性も良好であった。さらに、サイクル試験を 300 回繰り返した 18650 電池を用いて、常温 (20℃) 下、満充電状態から 2.9A (2C) の定電流で続けて充電することにより、過充電試験を行った。この時、電流遮断時間は 24 分、電流遮断後の電池の最高表面温度は 78℃ であった。18650 サイズの円筒型電池の材料条件および電池特性を表 1 に示す。

#### 【0032】

##### 実施例 2

前記有機化合物として、(+)-フェンコンを電解液に対して 5 重量% 使用したほかは実施例 1 と同様に酸化電位を測定した。結果を表 1 に示す。また、18650 サイズの円筒型電池の材料条件および 300 サイクル後の放電容量維持率、電流遮断時間、電流遮断後の電池の最高表面温度を表 1 に示す。

#### 【0033】

##### 比較例 1

) 前記有機化合物は全く添加しなかったほかは実施例 1 と同様に酸化電位を測定した。結果を表 1 に示す。また、18650 サイズの円筒型電池の材料条件および 300 サイクル後の放電容量維持率、電流遮断時間、電流遮断後の電池の最高表面温度を表 1 に示す。

#### 【0034】

##### 実施例 3

前記有機化合物として、(+)-フェンコンと 1-フルオロ-4-tert-ペンチルベンゼンを電解液に対してそれぞれ 3 重量%、1.5 重量% 使用したほかは実施例 1 と同様に酸化電位を測定した。結果を表 1 に示す。また、18650 サイズの円筒型電池の材料条件および 300 サイクル後の放電容量維持率、電流遮断時間、電流遮断後の電池の最高表面温度を表 1 に示す。実施例 1 に比べて電流遮断後の温度が低く、また、電流遮断時間も短く、実施例 1 に比べてさらに過充電防止効果に優れていることが分る。

#### 【0035】

##### 実施例 4

前記有機化合物として、(+)-フェンコンと tert-ペンチルベンゼンを電解液に対してそれぞれ 3 重量%、2 重量% 使用したほかは実施例 1 と同様に酸化電位を測定した。結果を表 1 に示す。また、18650 サイズの円筒型電池の材料条件および 300 サイクル後の放電容量維持率、電流遮断時間、電流遮断後の電池の最高表面温度を表 1 に示す。実施例 1 に比べて電流遮断後の温度が低く、また、電流遮断時間も短く、実施例 1 に比べてさらに過充電防止効果に優れていることが分る。

#### 【0036】

##### 実施例 5

前記有機化合物として、(-)-フェンコンと tert-ペンチルベンゼンを電解液に対してそれぞれ 3 重量%、2 重量% 使用したほかは実施例 1 と同様に酸化電位を測定した。結果を表 1 に示す。また、18650 サイズの円筒型電池の材料条件および 300 サイクル後の放電容量維持率、電流遮断時間、電流遮断後の電池の最高表面温度を表 1 に示す。実施例 1 に比べて電流遮断後の温度が低く、また、電流遮断時間も短く、実施例 1 に比べてさらに過充電防止効果に優れていることが分る。

#### 【0037】

##### 実施例 6

前記有機化合物として、(+)-フェンコンとシクロヘキシルベンゼンを電解液に対してそれぞれ 3 重量%、1 重量% 使用したほかは実施例 1 と同様に酸化電位を測定した。結果を表 1 に示す。また、18650 サイズの円筒型電池の材料条件および 300 サイクル後の放電容量維持率、電流遮断時間、電流遮断後の電池の最高表面温度を表 1 に示す。実施例 1 に比べて電流遮断後の温度が低く、また、電流遮断時間も短く、実施例 1 に比べてさ

10

20

30

40

50

らに過充電防止効果に優れていることが分る。

#### 【0038】

##### 比較例2～4

前記有機化合物として、公知の4-フルオロアニソール（比較例2）、2-クロロチオフェン（比較例3）、ビフェニル（比較例4）をそれぞれ電解液に対して2重量%ずつ添加したほかは実施例1と同様に酸化電位を測定した。結果を表1に示す。また、18650サイズの円筒型電池の材料条件および300サイクル後の放電容量維持率、電流遮断時間、電流遮断後の電池の最高表面温度を表1に示す。

#### 【0039】

##### 実施例7

正極活物質として、 $\text{LiCoO}_2$  に代えて  $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$  を使用し、また、前記有機化合物として（+）-フェンコンとtert-ペンチルベンゼンを電解液に対してそれぞれ3重量%、1重量%使用したほかは実施例1と同様に、18650サイズの円筒型電池を作製し、電池性能を測定した。18650サイズの円筒型電池の材料条件および電池特性を表1に示す。

#### 【0040】

##### 比較例5

正極活物質として、 $\text{LiCoO}_2$  に代えて  $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$  を使用したほかは比較例1と同様に、18650サイズの円筒型電池を作製し、電池性能を測定した。18650サイズの円筒型電池の材料条件および電池特性を表1に示す。

#### 【0041】

##### 実施例8

EC/VC/DEC（容量比）=30/2/68の非水溶媒を調製し、これに $\text{LiPF}_6$ を1Mの濃度になるように溶解して電解液を調製した後、さらに有機化合物として（+）-フェンコン、tert-ペンチルベンゼンおよびシクロヘキシルベンゼンを電解液に対してそれぞれ3重量%、2重量%、1重量%使用したほかは実施例1と同様に、18650サイズの円筒型電池を作製し、電池性能を測定した。18650サイズの円筒型電池の材料条件および電池特性を表2に示す。実施例1に比べて電流遮断後の温度が低く、また、電流遮断時間も短く、実施例1に比べてさらに過充電防止効果に優れていることが分る。

#### 【0042】

##### 実施例9

前記有機化合物として、（+）-フェンコン、tert-ブチルベンゼンおよびシクロヘキシルベンゼンを電解液に対してそれぞれ3重量%、2重量%、1重量%使用したほかは実施例8と同様に、18650サイズの円筒型電池を作製し、電池性能を測定した。18650サイズの円筒型電池の材料条件および電池特性を表2に示す。実施例1に比べて電流遮断後の温度が低く、また、電流遮断時間も短く、実施例1に比べてさらに過充電防止効果に優れていることが分る。

#### 【0043】

##### 実施例10

前記有機化合物として、（+）-フェンコン、tert-ペンチルベンゼンおよびtert-ブチルベンゼンを電解液に対してそれぞれ4重量%、1重量%、1重量%使用したほかは実施例8と同様に、18650サイズの円筒型電池を作製し、電池性能を測定した。18650サイズの円筒型電池の材料条件および電池特性を表2に示す。

#### 【0044】

##### 実施例11

前記有機化合物として、（+）-フェンコンと1-フルオロ-4-シクロヘキシルベンゼンを電解液に対してそれぞれ4重量%、1重量%使用したほかは実施例8と同様に、18650サイズの円筒型電池を作製し、電池性能を測定した。18650サイズの円筒型電池の材料条件および電池特性を表2に示す。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 5 】

## 比較例 6

EC / VC / DEC (容量比) = 30 / 2 / 68 の非水溶媒を使用したほかは比較例 1 と同様に、18650 サイズの円筒型電池を作製し、電池性能を測定した。18650 サイズの円筒型電池の材料条件および電池特性を表 2 に示す。

## 【 0 0 4 6 】

以上の実施例は、過充電時にいずれも負極上に十分なコバルトまたはニッケルが析出していた。本発明の有機化合物を添加した電池は、比較例の電池よりも過充電に対する安全性およびサイクル特性が良いことがわかる。

## 【 0 0 4 7 】

## 【表 1】

	正極	負極	有機化合物 :量(wt%)	酸化 電位 (V)	電解液組成 容量比	電流遮 断時間 (分)	電池の 最高温 度(°C)	300 サイクル 放電容 量維持 率%
実施 例1	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3	4.6	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	24	78	86.1
実施 例2	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :5	4.6	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	22	74	85.8
比較 例1	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	なし	5.4	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	31	熱暴走	82.8
実施 例3	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3 1-フルオロ-4-tert-ペンチ ルベンゼン :1.5	4.6 + 4.8	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	20	71	85.7
実施 例4	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3 tert-ペンチルベンゼン :2	4.6 + 4.8	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	20	70	85.9
実施 例5	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(-)-フェンコン :3 tert-ペンチルベンゼン :2	4.6 + 4.8	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	20	70	85.9
実施 例6	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3 シクロヘキシルベンゼン :1	4.6 + 4.7	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	26	70	85.1
比較 例2	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	4-フルオロアニソール :2	4.5	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	22	118	72.6
比較 例3	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	2-クロロチオフエン:2	4.4	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	19	92	73.3
比較 例4	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	ビフェニル:2	4.5	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	18	83	74.2
実施 例7	LiNi <sub>0.8</sub> Co <sub>0.2</sub> O <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3 tert-ペンチルベンゼン :1	4.6 + 4.8	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	24	70	85.3
比較 例5	LiNi <sub>0.8</sub> Co <sub>0.2</sub> O <sub>2</sub>	人造 黒鉛	なし	5.4	1M LiPF <sub>6</sub> EC/DEC =30/70	31	熱暴走	80.4

【0048】

【表2】

	正極	負極	有機化合物 :量(wt%)	酸化 電位 (V)	電解液組成 容量比	電流遮 断時間 (分)	電池の 最高温 度(°C)	300 サイクル 放電容 量維持 率%
実施 例8	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3 tert-ペンチルベンゼン :2 シクロヘキシルベンゼン :1	4.6 + 4.8 + 4.7	1M LiPF <sub>6</sub> EC/VC/DEC =30/2/68	18	65	86.2
実施 例9	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :3 tert-ブチルベンゼン :2 シクロヘキシルベンゼン :1	4.6 + 4.9 + 4.7	1M LiPF <sub>6</sub> EC/VC/DEC =30/2/68	18	65	86.1
実施 例10	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :4 tert-ペンチルベンゼン :1 tert-ブチルベンゼン :1	4.6 + 4.8 + 4.9	1M LiPF <sub>6</sub> EC/VC/DEC =30/2/68	22	63	86.9
実施 例11	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	(+)-フェンコン :4 1-フルオロ-4-シクロヘキ シルベンゼン :1	4.6 + 4.8	1M LiPF <sub>6</sub> EC/VC/DEC =30/2/68	19	64	86.5
比較 例6	LiCoO <sub>2</sub>	人造 黒鉛	なし	4.8	1M LiPF <sub>6</sub> EC/VC/DEC =30/2/68	31	熱暴走	84.3

## 【0049】

なお、本発明は記載の実施例に限定されず、発明の趣旨から容易に類推可能な様々な組み合わせが可能である。特に、上記実施例の溶媒の組み合わせは限定されるものではない。更には、上記実施例は18650サイズの円筒型電池に関するものであるが、本発明は角型、アルミラミネート型、コイン型の電池にも適用される。

## 【0050】

## 【発明の効果】

本発明によれば、電池の過充電防止などの安全性およびサイクル特性、電気容量、保存特性などの電池特性にも優れたリチウム二次電池を提供することができる。

---

フロントページの続き

F ターム(参考) 5H029 AJ03 AJ04 AJ05 AJ12 AK03 AL06 AL07 AL08 AL12 AM02  
AM03 AM04 AM05 AM07 CJ22 DJ08 DJ09 EJ04 EJ11 EJ12  
HJ01 HJ18  
5H050 AA07 AA08 AA09 AA15 BA16 BA17 CA08 CA09 CB07 CB08  
CB09 CB12 DA09 EA09 EA22 EA24 GA22 HA01 HA18

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**